

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-030431

(43)Date of publication of application : 04.02.1997

(51)Int.Cl.

B62D 5/04

(21)Application number : 07-180422

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 17.07.1995

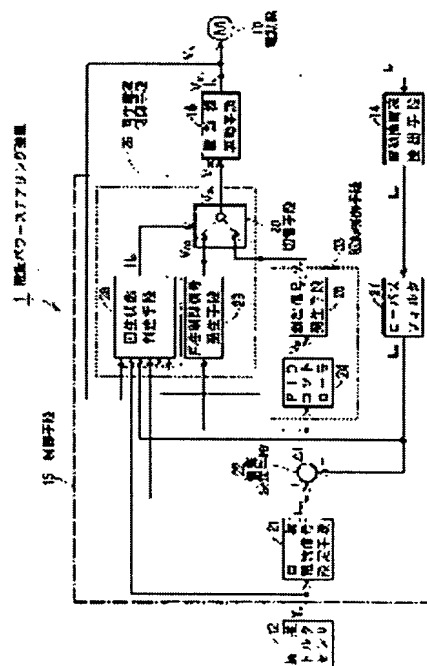
(72)Inventor : NORO EIKI  
HIRONAKA SHINJI  
MUKAI YOSHINOBU  
SUGITANI NOBUO  
KUROSAWA TAKAO

## (54) MOTOR DRIVEN POWER STEERING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a motor driven power steering device capable of providing a stable steering feeling by preventing a sudden change in a motor current caused by loosening the grip of a steering wheel by hands from cutting off an engine after a vehicle is stopped.

SOLUTION: This motor driven power steering device is provided with a control means 15 composed of a target current signal setting means 21, a deviation deciding means 22, a driving control means 23, a regeneration state determining means 28, a regeneration control signal generating means 29, a regeneration current control means 26 having a switching means 30 and a low-pass filter 27.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-30431

(43) 公開日 平成9年(1997)2月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 6 2 D 5/04

識別記号

庁内整理番号

F I

B 6 2 D 5/04

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平7-180422

(22) 出願日 平成7年(1995)7月17日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 野呂 栄樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 広中 慎司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 向 良信

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 下田 容一郎

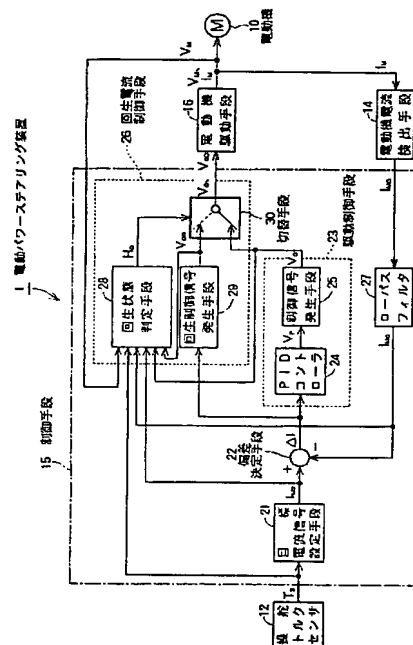
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 車両が停車中の据え切り時からハンドルの手を弛めた際に発生する電動機電流の急激な変化を防止し、安定した操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】 目標電流信号設定手段21と、偏差決定手段22と、駆動制御手段23と、回生状態判定手段28、回生制御信号発生手段29、切替手段30を備えた回生電流制御手段26と、ローパスフィルタ27とからなる制御手段15を備えた電動パワーステアリング装置1。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサと、ステアリング系に操舵補助力を作  
用させる電動機と、この電動機の電動機電流を検出する  
電動機電流検出手段と、少なくとも前記操舵トルクセン  
サが検出した操舵トルク信号に対応した目標電流信号を  
発生する目標電流設定手段、この目標電流信号と前記電  
動機電流検出手段が検出した電動機電流信号の偏差信号  
を決定する偏差決定手段、前記偏差信号に基づいてパル  
ス幅変調信号およびオン信号の混成信号からなる電動機  
制御信号を発生する駆動制御手段を備えた制御手段と、  
前記駆動制御手段から出力される前記電動機制御信号に  
基づいてブリッジ回路を形成するスイッチング素子の1  
組の対辺のそれぞれが同時に制御され、前記電動機を正  
逆回転駆動する駆動信号を発生する電動機駆動手段とを  
備えた電動パワーステアリング装置において、  
前記制御手段は、前記電動機の再生状態を判定する再生  
状態判定手段と、再生制御信号を出力する再生制御信号  
発生手段と、前記再生状態判定手段から出力される判定  
信号に基づいて前記電動機制御信号と前記再生制御信号  
を切替える切替手段とからなる再生電流制御手段を備え  
たことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記再生制御信号発生手段は、前記偏差  
信号に対応した所定のデューティサイクルのPWM信号  
を発生することを特徴とする請求項1記載の電動パワ  
ーステアリング装置。

【請求項3】 前記再生状態判定手段は、前記目標電流  
信号と前記電動機制御信号の符号が不一致で、かつ前記  
操舵トルク信号と前記電動機の回転方向が逆になる場合  
に再生状態と判定し、前記判定信号を出力することを特  
徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電動機の動力を  
操舵補助力としてステアリング系に直接作用させ、ドラ  
イバの操舵力の軽減を図る電動パワーステアリング装置  
に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の電動パワーステアリング装置にお  
いて、操舵トルクセンサが検出する操舵トルクに基づい  
て目標電流信号を設定し、この目標電流信号に対応した  
電動機制御信号を発生する制御手段を備え、電動機制御  
信号によりスイッチング素子のブリッジ回路で構成され  
た電動機駆動手段をPWM（パルス幅変調）駆動し、電  
動機駆動手段から発生した電動機電圧（PWM電圧）で  
電動機を駆動するとともに、電動機に流れる電動機電流  
を検出して目標電流信号に負帰還（NFB：ネガティブ  
フィードバック）し、目標電流信号と電動機電流の偏差  
信号に基づいて電動機電圧を制御することにより、目標  
電流と等しい電動機電流で電動機を駆動してステアリン

グ系にドライバの操舵力に応じた操舵補助力を作作用する  
よう構成された帰還タイプのものは知られている。

【0003】このような従来の電動パワーステアリング  
装置は、電動機を駆動する電動機駆動手段を構成するブ  
リッジ回路のスイッチング素子にパワーFET（電界効  
果トランジスタ）やパワー・トランジスタ等のスイッ  
チング素子を用い、制御手段からPWM制御して電動機に  
供給するパルス状駆動電圧（電動機電圧）のデューティ  
を変化し、操舵トルクに対応した電動機電流で電動機を  
駆動するよう構成されている。

【0004】図6に従来の電動パワーステアリング装置  
の要部ブロック構成図を示す。図6において、従来の電  
動パワーステアリング装置は、操舵トルクセンサ12  
と、目標電流設定手段51、偏差決定手段52、駆動制  
御手段53、ローパスフィルタ54を備えた制御手段5  
0と、電動機駆動手段55と、電動機電流検出手段56  
と、電動機57とから構成される。

【0005】ドライバがハンドル（ステアリング）操作  
を行うと、操舵トルクセンサ12から操舵トルクの大き  
さおよび方向（左右方向）に対応した操舵トルク信号T  
が検出され、制御手段50の目標電流設定手段51で操  
舵トルク信号Tに対応した目標電流信号 $I_{ms}$ が偏差決定  
手段52に供給される。例えば、ハンドル操作が右方向  
の場合はプラス（+）極性の目標電流信号 $I_{ms}$ 、ハンド  
ル操作が左方向の場合にはマイナス（-）極性の目標電  
流信号 $I_{ms}$ が出力するよう設定される。

【0006】一方、電動機電流検出手段56で検出され  
た電動機電流検出信号 $I_m$ は、制御手段50のローパス  
フィルタ54で高周波成分（ノイズ等）が減衰され、電  
動機電流 $I_m$ に対応した電流信号 $I_{mo}$ として偏差決定手  
段52に負帰還される。なお、通常の右方向または左方  
向のハンドル操作（ステアリング行き状態）では、目標  
電流信号 $I_{ms}$ の極性と電動機電流 $I_m$ の極性が一致する  
よう設定される。

【0007】制御手段50の偏差決定手段52では、目  
標電流信号 $I_{ms}$ と電流信号 $I_{mo}$ の偏差が演算され、この  
偏差信号 $\Delta I (= I_{ms} - I_{mo})$ をP（比例）、I（積  
分）、D（微分）補償して駆動制御手段53がPWM信  
号（パルス幅変調信号）、オン信号およびオフ信号の混  
成信号からなる電動機制御信号Vを発生し、電動機駆  
動手段55がPWM駆動制御され、電動機駆動手段55  
からPWM駆動された電動機電圧 $V_m$ を発生して電動機  
電流 $I_m$ が目標電流信号 $I_{ms}$ と等しくなるよう電動機5  
7が駆動される。

【0008】次に、従来の電動機駆動手段の動作につい  
て説明する。図7に従来の電動機駆動手段の動作説明図  
を示す。図7において、電動機駆動手段55は、ブリッ  
ジ回路を形成する4個のパワーFET（電界効果トラン  
ジスタ）Q1～Q4を備え、各パワーFET（電界効果  
トランジスタ）Q1～Q4はそれぞれのソース、ドレイ

3

ン間に等価的なダイオードD1～D4を内蔵しており、Q1およびQ3は直流電源E<sub>o</sub>、Q2およびQ4は車体アース（GND）にそれぞれ接続される。一方、Q1とQ2の接続点、Q3とQ4の接続点間に電動機電流検出用の抵抗R<sub>o</sub>および電動機57が直列接続され、図6に示す駆動制御手段53から供給される電動機制御信号V<sub>o</sub>（V<sub>on</sub>、V<sub>pmw</sub>、V<sub>of</sub>）でパワーFET（電界効果トランジスタ）Q1～Q4のそれぞれのゲートG1～G4を制御することにより、電動機57に電動機電圧V<sub>m</sub>と電動機電流I<sub>m</sub>が供給される。

【0009】ドライバがハンドルを右方向に操作すると、図6に示す駆動制御手段53から、例えばゲートG1にオン信号V<sub>on</sub>、ゲートG4にPWM信号V<sub>pmw</sub>、ゲートG2およびゲートG3にオフ信号V<sub>of</sub>が供給され、直流電源E<sub>o</sub>→FET（電界効果トランジスタ）Q1→抵抗R<sub>o</sub>→電動機57→FET（電界効果トランジスタ）Q4→車体アース（GND）の経路で電動機電流I<sub>m</sub>（実線矢印表示）が流れて電動機57が正回転し、ステアリング系に右方向の操舵補助力が作用される。

【0010】この状態からドライバがハンドルを中立位置を超えて左操作すると、図6に示す駆動制御手段53からゲートG1およびゲートG4にオフ信号V<sub>of</sub>、ゲートG2にPWM信号V<sub>pmw</sub>、ゲートG3にオン信号V<sub>on</sub>が供給され、直流電源E<sub>o</sub>→FET（電界効果トランジスタ）Q3→電動機57→抵抗R<sub>o</sub>→FET（電界効果トランジスタ）Q2→車体アース（GND）の経路で電動機電流I<sub>m</sub>（破線矢印表示）が流れて電動機57が逆回転し、ステアリング系に左方向の操舵補助力が作用される。

【0011】このように、電動機制御電圧V<sub>o</sub>を形成するオン信号V<sub>on</sub>、オフ信号V<sub>of</sub>およびPWM信号V<sub>pmw</sub>でブリッジ回路の対辺を形成するFET（電界効果トランジスタ）Q1とQ4、FET（電界効果トランジスタ）Q3とQ2を制御することにより、電動機電流I<sub>m</sub>（I<sub>m+</sub>、I<sub>m-</sub>）の方向と大きさが決定され、ドライバの操舵力（操舵トルク信号T）に対応した電動機57の回転方向と発生トルクが制御される。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来の電動パワーステアリング装置は、停車した状態からハンドル操作（例えば、右方向握え切り）した後にハンドルから手を弛めた場合、タイヤを含むステアリング系のばね成分により電動機57が回転され、電動機57が発生する逆起電力V<sub>m</sub>によって図7に示す電動機57→ダイオードD3→パワーFET（電界効果トランジスタ）Q1→抵抗R<sub>o</sub>→電動機57の閉ループに回生電流I<sub>o</sub>が流れる。

【0013】この状態において、電動機電流検出用の抵抗R<sub>o</sub>は電動機電流I<sub>m</sub>と回生電流I<sub>o</sub>との和（I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）を検出し、電動機電流検出手段56および図6示すローパスフィルタ54を介して電流信号I<sub>mo</sub>（I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）に対応）が偏差決定手段52に供給される。

4

I<sub>o</sub>に対応）が偏差決定手段52に供給される。

【0014】偏差決定手段52で演算された偏差信号ΔIは極性が同一（プラス極性）の目標電流信号I<sub>ms</sub>と電流信号I<sub>mo</sub>（=I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）の偏差（I<sub>ms</sub>-I<sub>m</sub>-I<sub>o</sub>）なので、回生電流I<sub>o</sub>が大きく、電流信号I<sub>mo</sub>（=I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）が目標電流信号I<sub>ms</sub>を超える（I<sub>mo</sub>>I<sub>ms</sub>）場合には偏差信号ΔIがプラス（+）極性からマイナス（-）極性に变化する。

【0015】偏差信号ΔIの極性がプラス（+）からマイナス（-）に変化すると、偏差信号ΔIをPID補償した駆動制御手段53から出力される電動機制御信号V<sub>o</sub>も少し遅れて変化し、図7に示す電動機駆動手段55を構成するパワーFET（電界効果トランジスタ）Q1～Q4のゲートG1～G4は、ゲートG1がオン信号V<sub>on</sub>→オフ信号V<sub>of</sub>、ゲートG2がオフ信号V<sub>of</sub>→PWM信号V<sub>pmw</sub>、ゲートG3がオフ信号V<sub>of</sub>→オン信号V<sub>on</sub>、ゲートG4がPWM信号V<sub>pmw</sub>→オフ信号V<sub>of</sub>に変化し、電源E<sub>o</sub>→Q3→電動機57→抵抗R<sub>o</sub>→Q2→GNDの経路で電動機電流I<sub>m</sub>が流れて電動機57は逆回転する。

【0016】図8に停車中の握え切り時から手放し状態にした電動機電流特性図を示す。図8において、時間t<sub>1</sub>までは停車中の握え切り（右方向ハンドル操作）による電動機電流I<sub>m</sub>であり、時間t<sub>1</sub>でハンドルの手を弛めた状態とする。時間t<sub>1</sub>でハンドルの手を弛めた状態にすると、電動機電流I<sub>m</sub>に回生電流I<sub>o</sub>が加算され、電動機電流I<sub>m</sub>と回生電流I<sub>o</sub>の合成電流（I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）は増加し、駆動制御手段53の積分要素の影響で、目標電流信号I<sub>ms</sub>となる時点（時間t<sub>2</sub>）を通過し、電動機制御信号V<sub>o</sub>が符号を反転させる時点（時間t<sub>3</sub>）で電動機電流（合成電流：I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）は極性を反転（+から-）させて電動機電流I<sub>m</sub>に急激に変化する。なお、停車中に左方向ハンドル操作の握え切り時のハンドルの手を弛めた状態においても電動機電流および回生電流の極性を反転させた同様の現象が発生する。

【0017】このように、従来の電動パワーステアリング装置は、電動機電流I<sub>m</sub>に対応した電流信号I<sub>mo</sub>を目標電流信号I<sub>ms</sub>に負帰還する構成のため、停車中の握え切り時（ハンドル右方向）から手を弛めた状態にすると、電動機に流れる電動機電流I<sub>m</sub>は、電動機電流I<sub>m</sub>から回生電流I<sub>o</sub>が加算された電動機電流（I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）となり、電動機電流（I<sub>m</sub>+I<sub>o</sub>）が電流信号I<sub>mo</sub>を超え、電動機制御信号V<sub>o</sub>が符号を反転させると、一転して逆極性の電動機電流I<sub>m</sub>に急変するため、電動機電流の振動に伴う異音が発生したり、操舵特性の変化による操舵フィーリングの著しい低下を招く課題がある。

【0018】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、その目的は車両が停車中の握え切り時からハンドルの手を弛めた際に発生する電動機電流の急

10

20

30

40

50

激な変化、および低速におけるコーナ出口のステアリング戻り時の急激な変化を防止し、安定した操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためのこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、電動機の回生状態を判定する回生状態判定手段と、回生制御信号を出力する回生制御信号発生手段と、回生状態判定手段から出力される判定信号に基づいて電動機制御信号と回生制御信号を切替える切替手段とからなる回生電流制御手段を備えたことを特徴とする。

【0020】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置の回生制御信号発生手段は、偏差信号に対応した所定のデューティサイクルのPWM信号を発生することを特徴とする。

【0021】さらに、この発明に係る電動パワーステアリング装置の回生状態判定手段は、目標電流信号と電動機制御信号の符号が不一致で、かつ操舵トルク信号と電動機の回転方向が逆になる場合に回生状態と判定し、判定信号を出力することを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。図1はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図である。なお、本発明は、電動機を駆動するブリッジ回路のFET（電界効果トランジスタ）のスイッチング動作を制御し、電動機の逆起電力に起因して発生する回生電流を任意に制御するものである。

【0023】図1において、電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール17に一体的に設けられたステアリング軸2に自在継ぎ手3a、3bを備えた連結軸3を介してステアリング・ギアボックス4内に設けたラック&ピニオン機構5のピニオン5aに連結されて手動操舵力発生手段6を構成する。

【0024】ピニオン5aに噛み合うラック歯7aを備え、これらの噛み合いにより往復運動するラック軸7は、その両端にタイロッド8を介して転動輪としての左右の前輪9が連結される。

【0025】このようにして、ステアリングホイール17操舵時には通常のラック&ピニオン式の手動操舵力発生手段6を介し、マニュアルステアリングで前輪9を転動させて車両の向きを変えている。

【0026】手動操舵力発生手段6による操舵力を軽減するため、操舵補助力を供給する電動機10をラック軸7と同軸的に配設し、ラック軸7と同軸に設けられたボールねじ機構11を介して推力に変換し、ラック軸7（ボールねじ軸11a）に作用させる。

【0027】また、ステアリング・ギアボックス4内にはドライバの手動操舵トルクの方向と大きさを検出する

操舵トルクセンサ12を配置し、操舵トルクセンサ12が検出した操舵トルク信号 $T_s$ を制御手段15に提供する。

【0028】制御手段15はマイクロプロセッサを基本に各種演算手段、判定手段、切替手段、メモリ等で構成し、操舵トルク信号 $T_s$ に対応する電動機制御信号 $V$ 。（例えば、オン信号とPWM信号の混成信号）を発生して電動機駆動手段16を駆動制御する。

【0029】また、制御手段15は電動機制御信号 $V_o$ 。例えば、オン信号とPWM信号（パルス幅変調信号）からなる混成信号のオン信号をオフ信号に設定するとともに、PWM信号を偏差信号 $\Delta I$ に対応（例えば、反比例）した所定のデューティサイクルのPWM信号に変更した回生制御信号 $V_{rs}$ 。を出力し、電動機駆動手段16を構成するブリッジ回路の2組（4個）のスイッチング素子ペアのうち、1つのスイッチング素子のみをPWM駆動制御、他の3個のスイッチング素子をオフ制御して回生電流を任意にコントロールする。

【0030】電動機駆動手段16は、例えば4個のFET（電界効果トランジスタ）のスイッチング素子からなるブリッジ回路（図4参照）で構成し、電動機制御信号 $V_o$ 、回生制御信号 $V_{rs}$ 。に基づいて電動機10を駆動する駆動信号としての電動機電圧 $V_m$ 。を出力する。

【0031】図2はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図である。図2において、電動パワーステアリング装置1は、操舵トルクセンサ12、制御手段15、電動機駆動手段16、電動機電流検出手段14および電動機10を備える。

【0032】操舵トルクセンサ12は、例えば差動変圧器で構成し、操舵トルクに対応した方向（±極性）とレベルを有する電気的信号の操舵トルク信号 $T_s$ 。として検出し、操舵トルク信号 $T_s$ 。を制御手段15に供給する。

【0033】制御手段15はマイクロプロセッサを基本にソフトプログラムの命令実行プログラムにより動作する各種演算機能、判定機能、切替機能、各種データを記憶するメモリ等で構成し、目標電流信号設定手段21、偏差決定手段22、駆動制御手段23、回生電流制御手段26、ローパスフィルタ27を備える。

【0034】目標電流信号設定手段21はROM等のメモリを備え、操舵トルクセンサ12が検出したアナログ電気信号の操舵トルク信号 $T_s$ 。を図示しないA/D変換手段でデジタルの操舵トルク信号に変換し、予めメモリに設定した操舵トルク信号と目標電流信号の変換データから操舵トルク信号 $T_s$ 。に対応する目標電流信号 $I_{ms}$ 。を読み出し、目標電流信号 $I_{ms}$ 。を偏差決定手段22に提供する。

【0035】偏差決定手段22は減算器やソフト制御の減算機能で構成し、目標電流信号 $I_{ms}$ 。と、電動機電流 $I_m$ 。を検出した電動機電流検出手段14のローパスフィルタ27で高周波成分（ノイズ等）が減衰された電流信号

$I_{u0}$ との偏差信号 $\Delta I$ を演算し、偏差信号 $\Delta I (= I_{us} - I_{u0})$ を駆動制御手段23に供給する。

【0036】駆動制御手段23は、PIDコントローラ24、制御信号発生手段25を備え、偏差信号 $\Delta I$ をPID制御し、オン信号 $V_{on}$ およびPWM信号 $V_{pwm}$ の混成信号である電動機制御信号 $V_o$ を発生し、この電動機制御信号 $V_o$ を再生電流制御手段26を介して電動機駆動手段16に供給する。

【0037】PIDコントローラ24はソフト制御の比例(P)、積分(I)および微分(D)の演算機能、処理機能を備え、偏差決定手段22から供給される偏差信号 $\Delta I$ を比例(P)、積分(I)および微分(D)演算して並列処理し、利得、安定性および立ち上りを改善し、偏差信号 $\Delta I$ が安定して速やかに0に収束するよう制御したPID制御信号 $V_p$ を制御信号発生手段25に供給する。

【0038】制御信号発生手段25は、PID制御信号 $V_p$ に基づいてオン信号 $V_{on}$ やPWM(パルス幅変調)信号 $V_{pwm}$ の混成信号である電動機制御信号 $V_o$ を発生し、この電動機制御信号 $V_o$ を再生電流制御手段26に

提供する。  
【0039】再生電流制御手段26は、再生状態判定手段28、再生制御信号発生手段29、切替手段30を備え、目標電流信号 $I_{us}$ 、偏差信号 $\Delta I$ 、操舵トルク信号 $T_s$ 、電流信号 $I_{u0}$ 、電動機制御信号 $V_o$ および電動機電圧 $V_u$ に基づき、通常のステアリング状態の場合には駆動制御手段23から供給される電動機制御信号 $V_o$ を電動機駆動手段16に供給し、再生状態には駆動制御手段23から供給される電動機制御信号 $V_o$ に代えて再生制御信号 $V_{ro}$ を電動機駆動手段16に供給するよう構成する。

【0040】再生状態判定手段28は演算機能、論理演算機能を有し、目標電流信号 $I_{us}$ の符号(E)と電動機制御信号 $V_o$ の符号(F)が一致( $E=F$ )するか、あるいは操舵トルク信号 $T_s$ の方向(G)と電流信号 $I_{u0}$ および電動機電圧 $V_u$ から演算した電動機10の回転方向(H)が一致( $G=H$ )する場合には通常のステアリング状態と判定し、例えばLレベルの判定信号 $H_o$ を切替手段30に供給して切替を制御する。

【0041】一方、再生状態判定手段28は、目標電流信号 $I_{us}$ の符号(E)と電動機制御信号 $V_o$ の符号(F)が不一致( $E \neq F$ )で、かつ操舵トルク信号 $T_s$ の方向(G)と電流信号 $I_{u0}$ および電動機電圧 $V_u$ から演算した電動機10の回転方向(H)が不一致( $G \neq H$ )の場合には再生状態と判定し、例えばHレベルの判定信号 $H_o$ を切替手段30に供給して切替を制御する。

【0042】電動機10の回転方向(H)は、電流信号 $I_{u0}$ 、電動機電圧 $V_u$ 、電動機抵抗 $R_u$ および誘導電圧係数 $K_u$ から数1に示す電動機回転数 $N_u$ を演算し、この電動機回転数 $N_u$ の符号から決定する。

【0043】

【数1】 $N_u = (V_u - I_{u0} \cdot R_u) / K_u$

【0044】目標電流信号 $I_{us}$ の符号(E)は、例えば右ハンドル操作に対応した操舵トルク信号 $T_s$ が正極性(+)の場合には正極性(+)、電動機制御信号 $V_o$ の符号(F)は、電動機制御信号 $V_o$ により電動機10がハンドルを右方向に付勢するような信号である場合には正極性(+)、回転方向(H)は、電動機10の回転がハンドルの右方向回転に対応する場合を正極性(+)と設定する。

【0045】また、再生状態判定手段28は、再生状態中(判定信号 $H_o$ がHレベル)に再生制御信号発生手段29が100%を超えるPWMデューティサイクルを算出した場合には、再生制御信号 $V_{ro}$ に基づいて再生制御オフと判定し、判定信号 $H_o$ をHレベルからLレベルに変更して切替手段30に切替を制御する。

【0046】再生制御信号発生手段29はPWM(パルス幅変調)信号発生手段を備え、再生状態(判定信号 $H_o$ がHレベル)が判定されると、偏差信号 $\Delta I$ に対応(例えば、反比例)した所定のデューティサイクルのPWM(パルス幅変調)信号 $V_{pwm}$ およびオフ信号 $V_{of}$ の混成信号からなる再生制御信号 $V_{ro}$ を発生し、再生制御信号 $V_{ro}$ を切替手段30に供給する。

【0047】切替手段30はソフト制御のスイッチ機能を備え、再生状態判定手段28からの判定信号 $H_o$ が、例えばHレベルの場合には再生制御信号発生手段29から供給される再生制御信号 $V_{ro}$ に切替え、一方、判定信号 $H_o$ がLレベルの場合には制御信号発生手段25から供給される電動機制御信号 $V_o$ に切替え、それぞれ再生制御信号 $V_{ro}$ 、電動機制御信号 $V_o$ を電動機駆動手段16に供給する。

【0048】このように、この発明に係る電動パワーステアリング装置1は、制御手段15に、電動機10の再生状態を判定する再生状態判定手段28と、再生制御信号 $V_{ro}$ を出力する再生制御信号発生手段29と、再生状態判定手段28から出力される判定信号 $H_o$ に基づいて電動機制御信号 $V_o$ と再生制御信号 $V_{ro}$ を切替える切替手段30とからなる再生電流制御手段26を備えたので、車両が停車中の据え切り時からハンドルの手を弛めた際に電動機に流れる再生電流を含む電動機電流を帰還ループから独立して制御することができる。

【0049】図3はこの発明に係る再生電流制御の動作説明図を示す。なお、図3は車両が停止中にハンドルを右方向に据え切りした後、手を弛めた場合の再生電流制御動作について説明する。図3において、電動機駆動手段16は、ブリッジ回路を形成する4個のパワーFET(電界効果トランジスタ)Q1~Q4を備え、各パワーFET(電界効果トランジスタ)Q1~Q4はそれぞれのソース、ドレイン間に等価的なダイオードD1~D4を内蔵しており、Q1およびQ3は直流電源 $E_o$ 、Q2

およびQ4は車体アース(GND)にそれぞれ接続される。一方、Q1とQ2の接続点、Q3とQ4の接続点間に電動機電流検出用の抵抗 $R_o$ 。および電動機10が直列接続され、図2に示す駆動制御手段23から供給される電動機制御信号 $V_o$  ( $V_{on}$ 、 $V_{pmw}$ 、 $V_{of}$ )でパワーFET (電界効果トランジスタ) Q1~Q4のそれぞれのゲートG1~G4を制御することにより、電動機10に電動機電圧 $V_m$  (波高値は直流電源E $\alpha$ に相当)と電動機電流 $I_m$  ( $I_{m+}$ 、 $I_{m-}$ )が供給される。

【0050】車両が停車中にハンドルを右方向握え切りすると、FET (電界効果トランジスタ) Q1~Q4のゲートG1~G4には、図2に示す駆動制御手段23の制御信号発生手段25から電動機制御信号 $V_o$ が供給され、ゲートG1がオン信号 $V_{on}$ 、ゲートG2およびゲートG3がオフ信号 $V_{of}$ 、ゲートG4が目標電流信号 $I_{ms}$  (操舵トルク信号 $T_s$ )のプラス(+)極性の所定レベルに対応したPWM信号 $V_{pmw}$ でそれぞれ駆動され、直流電源E $\rightarrow$ Q1 $\rightarrow$ 電動機電流検出用抵抗 $R_o$  $\rightarrow$ 電動機10 $\rightarrow$ Q4 $\rightarrow$ GNDの経路で電動機電流 $I_m$ が流れて電動機10が正回転して右方向の補助操舵力がステアリング系に作用し、タイヤを右方向に操向させるよう動作する。

【0051】この状態からハンドルを支える手を弛めると、タイヤを含むステアリング系のばね成分により電動機10が回転され、電動機10が発生する逆起電力 $V_{mr}$ によって図7に示した現象と同様に、電動機10 $\rightarrow$ ダイオードD3 $\rightarrow$ パワーFET (電界効果トランジスタ) Q1 $\rightarrow$ 電動機電流検出用抵抗 $R_o$  $\rightarrow$ 電動機10の閉ループに回生電流 $I_o$  (図7参照)が流れる。

【0052】電動機電流 $I_m$ と回生電流 $I_o$ の電流和は電動機電流検出用抵抗 $R_o$ で検出され、電動機電流検出手段14およびローパスフィルタ27を介して電流信号 $I_{mo}$ として偏差決定手段22に供給され、目標電流信号 $I_{ms}$ との偏差 $\Delta I$  ( $= I_{ms} - I_{mo}$ )が演算される。

【0053】目標電流信号 $I_{ms}$ の符号Eが正(+)極性の状態で、電流信号 $I_{mo}$ が増加して電動機制御信号 $V_o$ の符号Fが負(-)極性となるとともに、操舵トルク信号 $T_s$ の符号G (目標電流信号 $I_{ms}$ の符号と同じ)と数1で表される電動機回転数 $N_m$ の符号Hが不一致( $G \neq H$ )の場合には、図2の回生電流制御手段26から回生制御信号 $V_{ro}$ が供給され、FET (電界効果トランジスタ) Q1~Q3のゲートG1~G3はオフ信号 $V_{of}$ 、Q4のゲートG4は偏差信号 $\Delta I$ に対応した所定のデューティサイクルのPWM信号 $V_{pmw}$ で駆動制御される。

【0054】回生制御信号 $V_{ro}$ が供給されると、電動機電流 $I_m$ は遮断され、電動機10の逆起電力 $V_{mr}$ による回生電流 $I_o$ は電動機10 $\rightarrow$ FET (電界効果トランジスタ) Q4 $\rightarrow$ ダイオードD2 $\rightarrow$ 電動機電流検出用抵抗 $R_o$  $\rightarrow$ 電動機10の閉ループを流れ、時間経過に伴って減衰していく。

【0055】一方、車両が停車中にハンドルを左方向握え切りした状態から、ハンドルを支える手を弛めた場合の回生状態には、FET (電界効果トランジスタ) Q1、Q3およびQ4をオフ制御し、Q2を所定デューティサイクルのPWM信号 $V_{pmw}$ でPWM駆動する。

【0056】このように、回生状態に電動機制御信号 $V_o$ とは独立した偏差信号 $\Delta I$ に対応 (例えば、反比例)した所定デューティサイクルのPWM信号 $V_{pmw}$ を有する回生制御信号 $V_{ro}$ でFET (電界効果トランジスタ) 構成のブリッジ回路を駆動制御し、回生電流 $I_o$  (または $I_{o-}$ )を握え切り方向に流れる電動機電流 $I_m$  (または $I_{m-}$ )と同じ方向に設定することができ、電動機電流 $I_m$  (または $I_{m-}$ )の急激な極性反転を防止してハンドルの戻りを緩やかにすることができる。

【0057】図4にこの発明に係る停車中の握え切り時から手放し状態にした電動機電流特性図を示す。図4において、回生状態の時間 $t_1$ 以降の電動機電流 $I_m$ を回生電流 $I_o$  (実線表示)のみの緩やかな変化に制御することができ、従来の急激に極性反転した電動機電流 $I_{m-}$  (破線表示)の発生を防止することができる。

【0058】図2において、電動機電流検出手段14は、電動機10に実際に流れる電動機電流 $I_m$  ( $I_{m+}$ : 正回転方向、 $I_{m-}$ : 逆回転方向)および回生電流 $I_o$ を図3に示すような電動機10と直列接続した抵抗 $R_o$ で検出電圧 $V_r$ として検出し、方向と大きさを有する電動機検出電流信号 $I_{mo}$ に変換して制御手段15のローパスフィルタ27に供給する。

【0059】図5はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の制御動作フロー図である。ステップS1において、操舵トルク信号 $T_s$ に対応した目標電流信号 $I_{ms}$ を読み込み、ステップS2において、電動機電流 $I_m$ を検出した電流信号 $I_{mo}$ を読み込んだ後、ステップS3では目標電流信号 $I_{ms}$ と電流信号 $I_{mo}$ との偏差信号 $\Delta I$  ( $= I_{ms} - I_{mo}$ )を演算する。

【0060】ステップS4で、制御手段15が回生制御中か否かの判定を行い、回生制御中でなければステップS5に移行してPID (比例・積分・微分)演算を実行し、一方、回生制御中ならばステップS6に移行して回生制御中のPWM信号 $V_{pmw}$ の演算を実行する。

【0061】ステップS6に続き、ステップS8ではZ判定を実行し、 $V_{pmw}$ のデューティサイクルを演算してデューティサイクル演算結果が100%を超えるか、または操舵トルク $T_s$ の方向Gと電動機の回転方向Hが一致( $G=H$ )する場合にはステップS9に移行して回生制御をオフとし、ステップS10でPID演算を行った後にステップS11に移行する。

【0062】一方、ステップS8のZ判定において、デューティサイクル演算結果が100%以下か、または操舵トルク $T_s$ の方向Gと電動機の回転方向Hが不一致

( $G \neq H$ )の場合には、ステップS18に移行する。

【0063】ステップS5のPID(比例・積分・微分)演算に続いてステップS7ではX判定を実行し、目標電流信号 $I_{ms}$ の符号Eと電動機制御信号 $V_o$ の符号Fが不一致( $E \neq F$ )で、かつ操舵トルク $T_s$ の方向Gと電動機の回転方向Hが逆( $G \neq H$ )の場合には回生状態と判定し、ステップS16に移行して制御手段15を回生制御オン状態に設定する。

【0064】一方、ステップS7のX判定において、目標電流信号 $I_{ms}$ の符号Eと電動機制御信号 $V_o$ の符号Fが一致( $E = F$ )、または操舵トルク $T_s$ の方向Gと電動機の回転方向Hが同じ( $G = H$ )の場合には通常のス

テアリング状態と判定し、ステップS11に移行する。  
【0065】ステップS11では、通常のステアリング状態におけるPWM信号 $V_{pwm}$ の極性を判定し、PWM信号 $V_{pwm}$ が正( $V_{pwm} > 0$ )ならばステップS12およびステップS13で、電動機10を正回転させるための電動機制御信号 $V_o$ ( $V_{of}$ 、 $V_{on}$ 、 $V_{pwm}$ の混成信号)のうち、図3に示す電動機駆動手段16のFET(電界効果トランジスタ)Q2、Q3をオフ制御するようゲートG2、G3にオフ信号 $V_{of}$ を供給するとともに、FET(電界効果トランジスタ)Q1をオン制御、Q4をPWM制御するようゲートG1、G4にそれぞれオン信号 $V_{on}$ 、PWM信号 $V_{pwm}$ を供給する。

【0066】一方、ステップS11において、PWM信号 $V_{pwm}$ が負( $V_{pwm} < 0$ )と判定された場合には、ステップS14およびステップS15で、電動機10を逆回転させるための電動機制御信号 $V_o$ ( $V_{of}$ 、 $V_{on}$ 、 $V_{pwm}$ の混成信号)のうち、FET(電界効果トランジスタ)Q1、Q4をオフ制御するようゲートG1、G4にオフ信号 $V_{of}$ を供給するとともに、FET(電界効果トランジスタ)Q3をオン制御、Q2をPWM制御するようゲートG3、G2にそれぞれオン信号 $V_{on}$ 、PWM信号 $V_{pwm}$ を供給する。

【0067】ステップS16で制御手段15が回生制御オン状態に設定されると、ステップS17で回生制御時のPWM信号 $V_{pwm0}$ の演算を実行した後、ステップS18に移行する。

【0068】ステップS18では、ステップS17およびステップS8の状態における目標電流信号 $I_{ms}$ の極性を判定し、目標電流信号 $I_{ms}$ が正( $I_{ms} > 0$ )の場合にはステップS19およびステップS20で、電動機10が正回転(電動機電流 $I_m$ )状態から回生制御されるよう回生制御信号 $V_{o0}$ ( $V_{of}$ 、 $V_{pwm0}$ の混成信号)のうち、FET(電界効果トランジスタ)Q1~Q3をオフ制御するようゲートG1~G3にオフ信号 $V_{of}$ を供給するとともに、FET(電界効果トランジスタ)Q4をPWM制御するようゲートG4にPWM信号 $V_{pwm0}$ を供給する。

【0069】一方、ステップS18において、目標電流信号 $I_{ms}$ が負( $I_{ms} < 0$ )で判定された場合にはステッ

ブS21およびステップS22で、電動機10が逆回転(電動機電流 $I_m$ )状態から回生制御されるよう、FET(電界効果トランジスタ)Q1、Q3、Q4をオフ制御するようゲートG1、G3、G4にオフ信号 $V_{of}$ を供給するとともに、FET(電界効果トランジスタ)Q2をPWM制御するようゲートG2にPWM信号 $V_{pwm0}$ を供給する。

【0070】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、電動機の回生状態を判定する回生状態判定手段と、回生制御信号を出力する回生制御信号発生手段と、回生状態判定手段から出力される判定信号に基づいて電動機制御信号と回生制御信号を切替える切替手段とからなる回生電流制御手段を備え、車両が停車中の据え切り時からハンドルの手を弛めた際に電動機に流れる回生電流を含む電動機電流を帰還ループから独立して制御することができるので、回生状態に発生する異音を防止するとともに、操舵フィーリングを改善することができる。

【0071】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置の回生制御信号発生手段は、偏差信号に対応した所定のデューティサイクルのPWM信号を発生するので、車両が停車中の据え切り時からハンドルの手を弛めた際に電動機に流れる回生電流を含む電動機電流を任意に制御することができるので、回生状態移行時に電動機電流の変化を緩やかにし、ハンドルの戻りを緩やかにして操舵フィーリングを改善することができる。

【0072】さらに、この発明に係る電動パワーステアリング装置の回生状態判定手段は、目標電流信号と電動機制御信号の符号が不一致で、かつ操舵トルク信号と電動機の回転方向が逆になる場合に回生状態と判定し、回生状態移行時に電動機電流の変化を緩やかにすることができるので、回生状態を確実に検出することができる。

【0073】よって、車両が停車中の据え切り時からハンドルの手を弛めた際に発生する電動機電流の急激な変化を防止し、安定した操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図2】この発明に係る電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図

【図3】この発明に係る回生電流制御の動作説明図

【図4】この発明に係る停車中の据え切り時から手放し状態にした電動機電流特性図

【図5】この発明に係る電動パワーステアリング装置の制御動作フロー図

【図6】従来の電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図

【図7】従来の電動機駆動手段の動作説明図

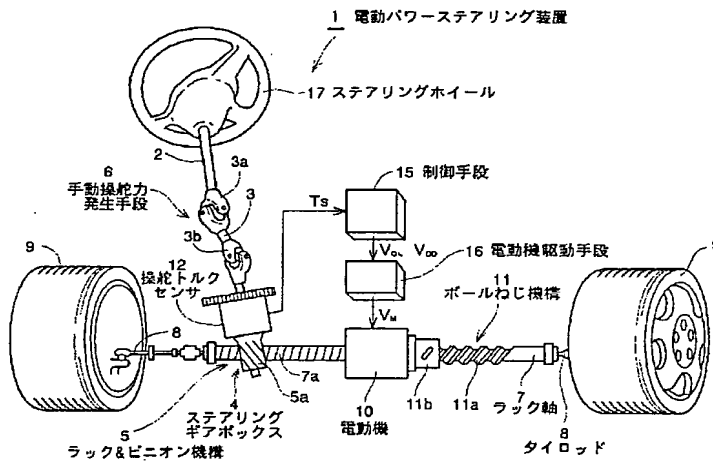
13

【図8】従来の停車中の据え切り時から手放し状態にした電動機電流特性図

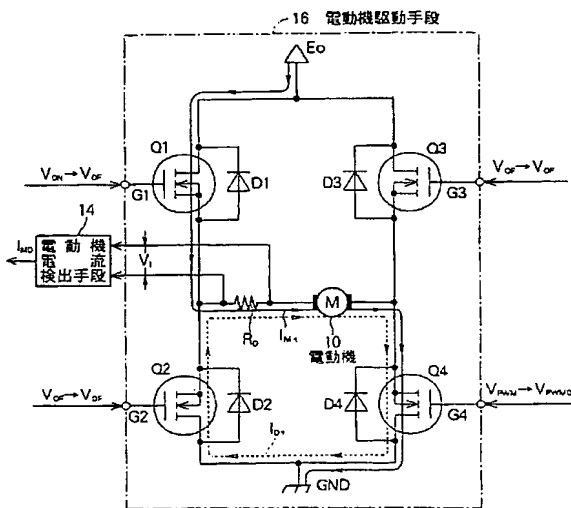
【符号の説明】

1…電動パワーステアリング装置、2…ステアリング軸、3…連結軸、3a、3b…自在継ぎ手、4…ステアリング・ギアボックス、5…ラック&ピニオン機構、5a…ピニオン、6…手動操舵力発生手段、7…ラック軸、7a…ラック歯、8…タイロッド、9…左右の前輪、10…電動機、11…ボールねじ機構、12…操舵トルクセンサ、14…電動機電流検出手段、15…制御手段、16…電動機駆動手段、17…ステアリングホイール、21…目標電流信号設定手段、22…偏差決定手

【図1】



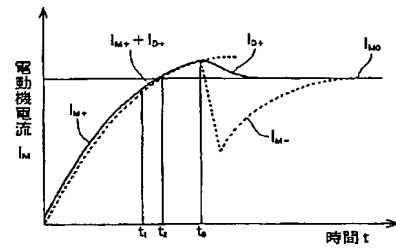
【図3】



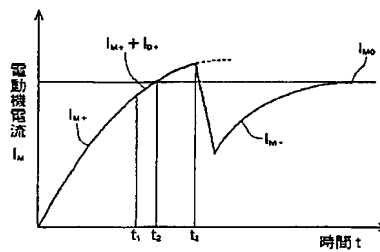
14

\* 段、23…駆動制御手段、24…PIDコントローラ、25…制御信号発生手段、26…回生電流制御手段、27…ローパスフィルタ、28…回生状態判定手段、29…回生制御信号発生手段、30…切替手段、Eo…直流電源、Ho…判定信号、Q1~Q4…パワーFET（電界効果トランジスタ）、Ts…操舵トルク信号、Im、Im+、Im-…電動機電流、Im0…電動機電流検出信号、Im0s…電流信号、Im5…目標電流信号、ΔI…偏差信号、Vm…電動機電圧、Vo…電動機制御信号、Vo0…回生制御信号、VoF…オフ信号、VoN…オン信号、Vp…PID制御信号、Vpwm、Vpwm0…PWM信号。

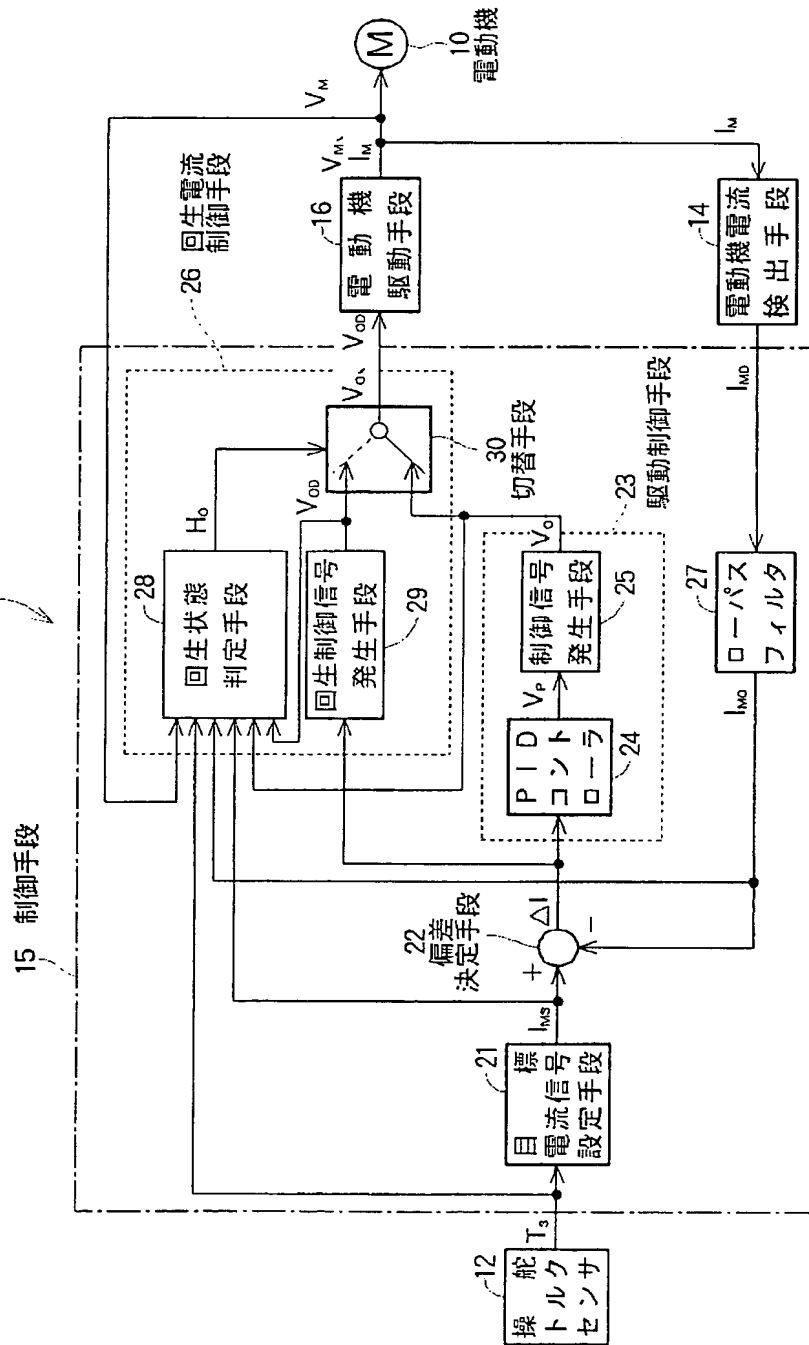
【図4】



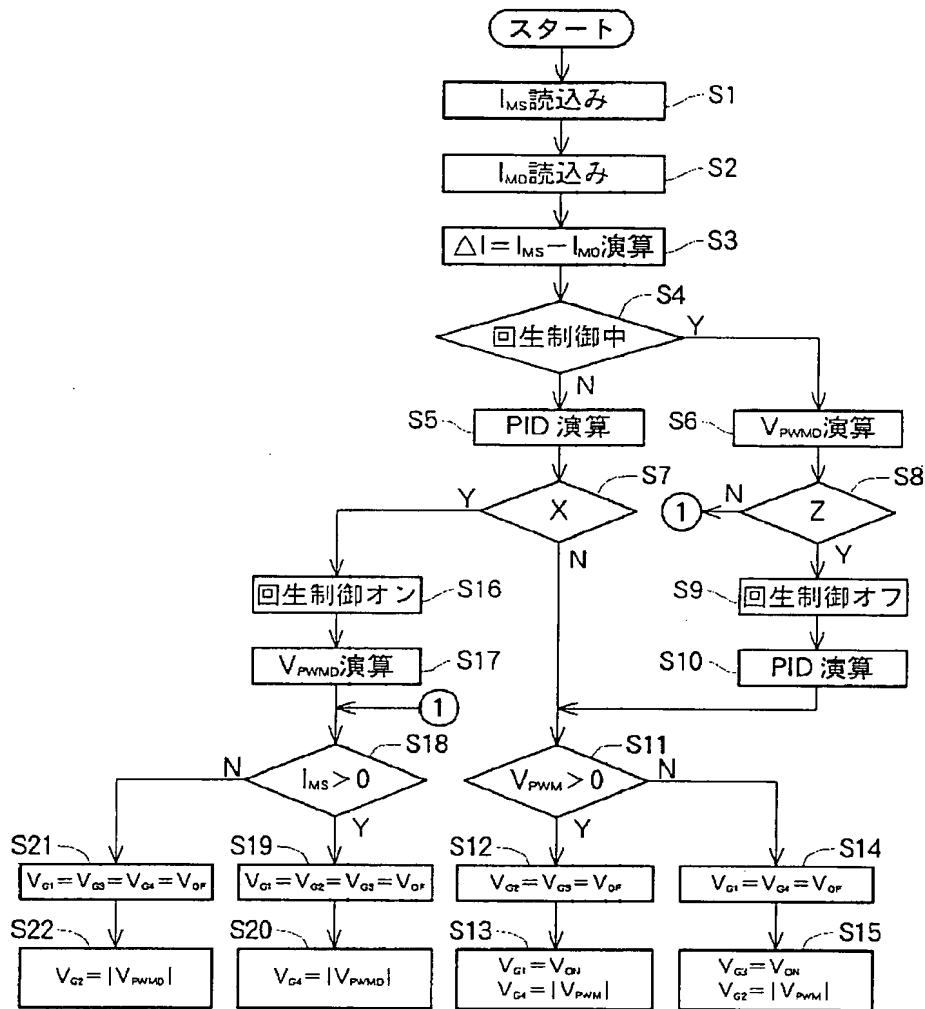
【図8】



## 1 電動パワーステアリング装置



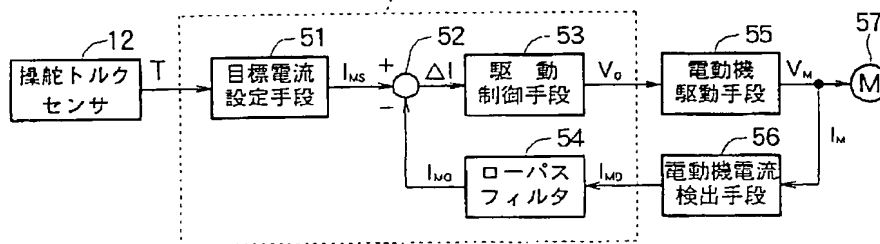
【図5】



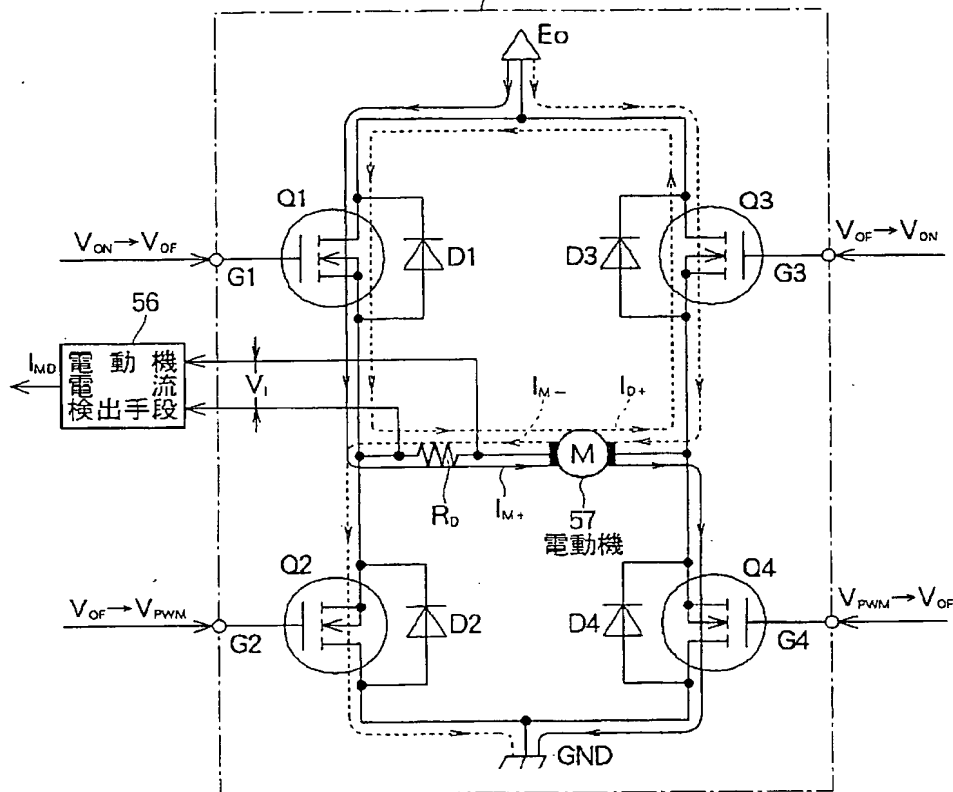
X:  $I_{MS}$ の符号(E)と $V_o$ の符号(F)が不一致で、かつ操舵トルク( $T_s$ )の方向(G)と電動機の回転(N)方向(H)が異なる状態。

Z: PWM演算結果が100%を越えるか、操舵トルク( $T_s$ )の方向(G)と電動機の回転(N)方向(H)が同じ状態。

… 50 制御手段



## 55 電動機駆動手段



フロントページの続き

(72)発明者 黒澤 孝夫  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内